

?s pn=jp 2002148342
S3 1 PN=JP 2002148342
?t s3/5

3/5/1

DIALOG(R)File 347:JAPIO
(c) 2005 JPO & JAPIO. All rts. reserv.

07279878 **Image available**
RADIATION IMAGING DEVICE

PUB. NO.: ~~2002-148342~~ [*JP 2002148342* A]
PUBLISHED: May 22, 2002 (20020522)
INVENTOR(s): MORISHITA MASAKAZU
APPLICANT(s): CANON INC
APPL. NO.: 2000-339298 [JP 2000339298]
FILED: November 07, 2000 (20001107)
INTL CLASS: G01T-001/20; G01T-001/24; H01L-027/14; H01L-027/146;
H01L-031/09; H04N-005/32

ABSTRACT

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a large-sized radiation imaging device which has improved detection efficiency, photo-utilization efficiency and a yield, achieved a high speed operation and capable of improving a signal/noise ratio.

SOLUTION: The device comprises a phosphor 40 for converting the radiation to light, a semiconductor layer 30 for converting the radiation to an electrical charge as well as converting the light from the phosphor 40 to the electrical charge, a TFT 10 for reading out the signal based on the accumulated electrical charge, and an output line for outputting the read-out electrical charge by the TFT 10. The semiconductor layer 30, an electrical charge accumulation capacity 20, the TFT 10, and the output line are formed on an insulating substrate 1. The phosphor 40 is laminated to the semiconductor layer 30, which is then laminated to the surface on the insulating substrate 1 where the electrical charge accumulation capacity 20, the TFT 10, and the output line are formed. The semiconductor layer 30 and the electrical charge accumulation capacity 20 on the insulating substrate 1 are electrically connected through a connecting electrode.

COPYRIGHT: (C)2002,JPO

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2002-148342

(P2002-148342A)

(43)公開日 平成14年5月22日(2002.5.22)

(51)Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テマコード*(参考)
G 0 1 T 1/20		G 0 1 T 1/20	E 2 G 0 8 8
	1/24		G 4 M 1 1 8
H 0 1 L 27/14		1/24	5 C 0 2 4
27/146		H 0 4 N 5/32	5 F 0 8 8
		H 0 1 L 27/14	K
審査請求 有 請求項の数14 O L (全 13 頁) 最終頁に続く			

(21)出願番号 特願2000-339298(P2000-339298)

(22)出願日 平成12年11月7日(2000.11.7)

(71)出願人 000001007

キヤノン株式会社

東京都大田区下丸子3丁目30番2号

(72)発明者 森下 正和

東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤ
ノン株式会社内

(74)代理人 100065385

弁理士 山下 穰平

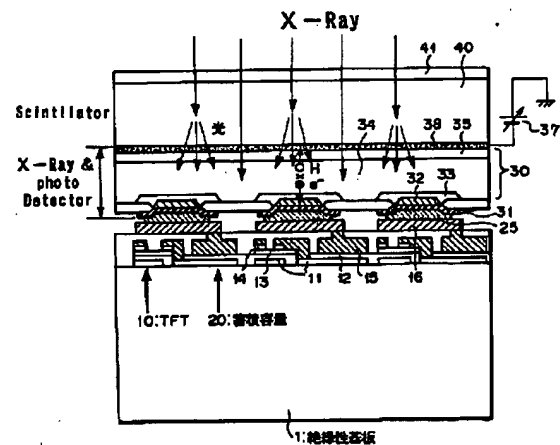
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 放射線撮像装置

(57)【要約】

【課題】 検出効率、光利用効率、歩留まりを向上させ、高速動作を実現し、信号／雑音比を改善することを可能とした大型の放射線撮像装置を提供する。

【解決手段】 放射線を光に変換する蛍光体40と、放射線を電荷に変換すると共に蛍光体40からの光を電荷に変換する半導体層30と、蓄積された電荷に基づく信号を読み出すTFT10と、TFT10で読み出された電荷を出力する出力線とを具備し、絶縁性基板1上に、半導体層30、電荷蓄積容量20、TFT10、出力線を形成し、蛍光体40を、半導体層30に積層すると共に、半導体層30を、絶縁性基板1上における電荷蓄積容量20、TFT10、出力線の形成面に積層し、半導体層30と絶縁性基板1上の電荷蓄積容量20を、接続電極を介して電気的に接続する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 放射線を用いて撮像を行う放射線撮像装置において、

放射線を光に変換する波長変換手段と、放射線を電荷に変換すると共に前記波長変換手段からの光を電荷に変換する電荷変換手段と、該電荷変換手段で変換され電荷蓄積手段に蓄積された電荷に基づく信号を読み出す読出手段と、該読出手段で読み出された電荷を出力する出力線とを具備してなり、

前記電荷変換手段を、少なくとも絶縁性基板に形成すると共に、前記電荷蓄積手段、前記読出手段、前記出力線を、前記絶縁性基板の一面に形成し、

前記波長変換手段を、前記電荷変換手段に積層すると共に、前記電荷変換手段を、前記絶縁性基板における前記電荷蓄積手段、前記読出手段、前記出力線の形成面に積層し、

前記電荷変換手段と前記絶縁性基板上の電荷蓄積容量を、接続電極を介して電気的に接続したことを特徴とする放射線撮像装置。

【請求項2】 前記電荷蓄積手段の電荷をリセットする第一のリセット手段を具備することを特徴とする請求項1に記載の放射線撮像装置。

【請求項3】 前記波長変換手段、前記電荷変換手段、前記読出手段を有する複数の入力画素を、二次元マトリクス状に配置したことを特徴とする請求項1に記載の放射線撮像装置。

【請求項4】 前記電荷変換手段を、pn構造で形成したことを特徴とする請求項1に記載の放射線撮像装置。

【請求項5】 前記二次元マトリクス状に配置された前記複数の入力画素から読み出された電荷を出力する前記出力線に信号増幅用の増幅器を接続したことを特徴とする請求項1又は3に記載の放射線撮像装置。

【請求項6】 前記電荷変換手段の前記pn構造を、半導体単結晶基板に形成したことを特徴とする請求項4に記載の放射線撮像装置。

【請求項7】 前記電荷変換手段が、少なくともバンドギャップ1 eV以上のエネルギーバンドギャップを有することを特徴とする請求項1、3、4、6のいずれかに記載の放射線撮像装置。

【請求項8】 前記出力線をリセットするための出力線に接続された第二のリセット手段を具備することを特徴とする請求項1又は5に記載の放射線撮像装置。

【請求項9】 前記読出手段を、薄膜トランジスタから構成すると共に、該薄膜トランジスタを、非単結晶半導体から構成したことを特徴とする請求項1又は3に記載の放射線撮像装置。

【請求項10】 前記電荷蓄積手段、前記読出手段を、前記絶縁性基板上の一面に下部電極、誘電体膜、高抵抗半導体層、低抵抗半導体層、上部電極の同じ層構成で形成したことを特徴とする請求項1～3、9のいずれかに

記載の放射線撮像装置。

【請求項11】 前記電荷変換手段を、半絶縁性半導体から構成したことを特徴とする請求項1、3、4、6、7のいずれかに記載の放射線撮像装置。

【請求項12】 前記波長変換手段を、蛍光体から構成したことを特徴とする請求項1又は3に記載の放射線撮像装置。

【請求項13】 前記電荷変換手段を構成する高濃度不純物領域を、吸収係数の少なくとも1/5以下としたことを特徴とする請求項1、3、4、6、7、11のいずれかに記載の放射線撮像装置。

【請求項14】 前記波長変換手段と前記電荷変換手段との間に、透明電極を形成したことを特徴とする請求項1、3、4、6、7、11、13のいずれかに記載の放射線撮像装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、放射線撮像装置に関し、特に、人体をX線照射により画像化するX線撮像装置に好適に用いることができる放射線撮像装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】従来、入射したX線を光に変換する蛍光体と、蛍光体からの光を検出する光センサとを積層した構造を有するX線センサがある。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上述した従来例においては次のような問題点があった。即ち、上記従来例のX線センサは、X線の検出効率、光利用効率、歩留まり、高速動作、信号／雑音比が充分でないという問題点があった。

【0004】本発明の目的は、検出効率、光利用効率、歩留まりを向上させ、高速動作を実現し、信号／雑音比を改善することを可能とした大型の放射線撮像装置を提供するものである。

【0005】

【課題を解決するための手段】本発明は、入射した放射線に基づき撮像を行う放射線撮像装置において、前記放射線を光に変換する波長変換手段と、前記放射線を電荷に変換すると共に前記波長変換手段からの光を電荷に変換する電荷変換手段と、該電荷変換手段で変換され電荷蓄積手段に蓄積された電荷に基づく信号を読み出す読出手段と、該読出手段で読み出された電荷を出力する出力線とを具備してなり、前記電荷変換手段を、少なくとも絶縁性基板に形成すると共に、前記電荷蓄積手段、前記読出手段、前記出力線を、前記絶縁性基板の一面に形成し、前記波長変換手段を、前記電荷変換手段に積層すると共に、前記電荷変換手段を、前記絶縁性基板における前記電荷蓄積手段、前記読出手段、前記出力線の形成面に積層し、前記電荷変換手段と前記絶縁性基板上の電荷

蓄積容量を、接続電極を介して電気的に接続したことを特徴とする。

【0006】また、本発明の放射線撮像装置は、図1を参照しつつ説明すれば、入射した放射線に基づき撮像を行う放射線撮像装置において、前記放射線を光に変換する波長変換手段(40)と、前記放射線を電荷に変換すると共に前記波長変換手段からの光を電荷に変換する電荷変換手段(30)と、該電荷変換手段で変換され電荷蓄積手段に蓄積された電荷に基づく信号を読み出す読出手段(10)と、該読出手段で読み出された電荷を出力する出力線とを具備してなり、前記電荷変換手段を、少なくとも絶縁性基板(1)に形成すると共に、前記電荷蓄積手段、前記読出手段、前記出力線を、前記絶縁性基板の一面に形成し、前記波長変換手段を、前記電荷変換手段に積層すると共に、前記電荷変換手段を、前記絶縁性基板における前記電荷蓄積手段、前記読出手段、前記出力線の形成面に積層し、前記電荷変換手段と前記絶縁性基板上の電荷蓄積容量(20)を、接続電極を介して電気的に接続したものである。

【0007】[作用] 本発明の放射線撮像装置は、波長変換手段(蛍光体)と電荷変換手段(半導体検出器)を併用する。そのため、検出効率を高くすることができる。また、蛍光体を空間的フィルタとして用いる。そのため、エイリアシングを除去することができる。また、ガラス基板上に読み出し回路を作成し、波長変換手段(蛍光体)、電荷変換手段(半導体検出器)を積層する。そのため、大型の放射線撮像装置を提供することができる。

【0008】また、積層構造により、読出手段やリセット手段を構成するトランジスタの設計自由度が増し、オン抵抗を低くできる。そのため、高速動作(30フレーム毎秒以上)が可能となる。また、波長変換手段(蛍光体)と電荷変換手段(半導体層)の間に透明電極を作製するか、或いは部分的に透明電極を構成する。そのため、光利用効率を向上させることができる。また、光吸収の側の高濃度不純物領域を吸収係数の $1/5$ 以下にする。そのため、光利用効率を高くすることができる。

【0009】また、絶縁性基板上の電荷蓄積容量と読出手段(薄膜トランジスタ)を同じ層構成とする。そのため、製作工程が簡単になり歩留まり向上を図ることができる。また、電荷蓄積手段の電荷をリセットする。そのため、動画動作において残像を少なくすることができる。また、波長変換手段及び電荷変換手段としてバンドギャップが 1 eV 以上の半導体材料を使用する。そのため、暗電流を低減し、雑音が高く、 S/N (信号/雑音)比が大きい放射線撮像装置を得ることができる。

【0010】

【発明の実施の形態】[実施形態] 次に、本発明の実施形態について図面を参照して詳細に説明する。

【0011】図1は本発明の実施形態の放射線撮像装置

(X線センサ)の概略構造を示す断面図である。放射線撮像装置において、ガラスからなる絶縁性基板1の上部には、スイッチとしての薄膜トランジスタ(以下TFT)10、電荷蓄積のための容量である電荷蓄積容量20が形成されている。更に、絶縁性基板1上におけるTFT10を始めとする各種半導体素子の上部には、X線を吸収し直接キャリアに変換する半導体層30が積層され形成されている。更に、半導体層30の上部には、蛍光体40が積層されている。

【0012】放射線撮像装置においては、照射されたX線の一部を蛍光体40で吸収し、蛍光体から発光した光Hを半導体層30により吸収し、且つ蛍光体40を通過したX線を半導体層30においても吸収することで、X線の吸収効率を向上させ、蛍光体40からの光の入射効率を上げることが重要である。図1では、後述の透明電極36を半導体層30の蛍光体側に用いている。

【0013】絶縁性基板1の上部には、各種の電極や層が形成されている。即ち、11はTFT10と電荷蓄積容量20の誘電体膜、12はTFT10と電荷蓄積容量20の誘電体膜、13はTFT10の高抵抗半導体層、14は低抵抗半導体層、15は上部電極、16は電荷蓄積容量20から電荷を取り出すための取り出し電極層である。

【0014】以上の構成により、絶縁基板1上に、上述したTFT10と電荷蓄積容量20が形成される。この場合、TFT10の半導体材料としては、アモルファスシリコンやポリシリコンが大面積センサの半導体材料として最適である。

【0015】光とX線の両方を検出する半導体層30は、電極31、p型かn型の不純物濃度が高い低抵抗の半導体領域32、低抵抗の半導体領域32よりは不純物濃度が低いp型かn型の半導体領域33、高抵抗の半導体領域34、n型かp型の不純物濃度が高い半導体領域35、透明電極36から構成されている。この場合、半導体材料としては、GaAs、CdTe、CdZnTe、GaP、Siなどが半導体単結晶として適している。

【0016】半導体層30と絶縁基板1上の電荷蓄積容量20は、接続電極25により、電気的、機械的両面で接続されている。更に、半導体層30には、半導体層30のpn接合に逆バイアスをかけて空乏層を形成するために、電源37が接続されている。また、蛍光体40は、半導体層30の上に積層されており、蛍光体40上には、光Hを半導体層30に有効に導くための反射層の役割を果たす層41が形成されている。

【0017】X線の検出効率(吸収効率)は、蛍光体40の実効X線エネルギーでの吸収係数を μ_1 、蛍光体の厚みを W_1 、半導体の実効X線エネルギーでのX線吸収係数を μ_2 、半導体の厚みを W_2 とすると、実効X線エネルギーにおいて近似的に次式で表すことができる。

【0018】

$$\text{検出効率} = (1 - \exp(-\mu_1 W_1)) + \exp(-\mu_1 W_1) \times (1 - \exp(-\mu_2 W_2)) \dots (1)$$

図2は透明電極36として使用される透明導電膜をガラス基板上に堆積した状態での光の透過率のデータを示す説明図である。横軸は光学波長 (nm) を示し、縦軸は透過率 (%) である。400nmから1300nm付近の波長まで90%程度の透過率を有している。図2の透明電極材料の例としては、錫添加された酸化インジウム (In₂O₃ : Sn) を挙げることができる。

【0019】図3はX線発生装置においてタングステン (W) をターゲットにして電子の加速電圧を120KVにした条件での各種の蛍光体の厚さに対するX線検出効率 (吸収される量にほぼ比例する) の計算結果を示す説明図である。X線の検出効率を上げるためには、蛍光体40の厚みを厚くする必要がある。図3は各材料において100%の充填率で計算されている。

【0020】蛍光体40の構造は、通常、結晶粒と結合材料を混ぜることで層状を形成したものととなっている。そのために、充填率は100%で形成されないの、実質的には図3の蛍光体40の厚みに対して充填率の係数で除算すると、実際に使用される蛍光体層の厚みとなる。通常50%程度である。

【0021】結晶粒を用いた蛍光体層の厚みは、X線検

出セルのピッチと同程度以下がよい。その理由は、光の広がり、実質的に厚みと同程度になるからである。光の広がりが蛍光体層の厚みに依存しているため、ピッチより蛍光体層の厚みが厚いとX線の吸収効率は上昇するが、光の広がりが大きくなり、X線検出器のピッチを生かした分解能が得られなくなる。

【0022】例えば200μmのピッチのX線検出器であれば、GOSで充填率50%の場合、蛍光体層を200μmにすると、図3においてGOSの厚み0.1mmと同等であり、検出効率30%となる。残り70%が蛍光体層を通過することになる。

【0023】蛍光体だけによりX線を検出し、蛍光体で発生した光を検出する方法では、必要とする光学的分解能の制限からX線検出をあまり高く取ることができない。蛍光体によるX線検出効率と光学的分解能は、相反する関係を有する。また、蛍光体を厚くしていくと、蛍光体の中でX線検出により発生した光の吸収や散乱が起こることにより、かえって外部に取り出される光は徐々に減少する。

【0024】

【表1】

蛍光体	発光色	波長 (nm)	効率 (%)	原子番号 (実効)
CaWO ₄	青	425	5	61.8
Gd ₂ O ₂ S	緑	545	13	59.5
BaFBr:Eu	紫	390	16	48.3
CaI:Na	青	420	10	54
CsI:Tl	緑	575	11	54

表1は蛍光体40の種類と発光色、ピーク波長、発光エネルギー効率を示す説明図である。蛍光体40から発光される色は、緑色から紫色までの発光色であり、効率は5%から20%程度までである。発光材料の選択は特に重要であり、蛍光体層の厚みに対するX線検出効率、発光効率、更に発光波長は、光検出器の波長依存検出効率によって選択すべきである。

【0025】即ち、図2に示したような窓材の光透過率、更に光検出の材料の波長依存検出効率を考慮する必要がある。発光波長から言うと、短波長の紫色の発光材料や青色の発光材料より緑色の発光材料が好適であり、

$$\epsilon = 2.67 E_g + 0.87 \text{ (eV)} \dots (2)$$

で表すことができる。

【0028】バンドギャップE_gが小さい程、必要なエネルギーεが小さくて効率が良いが、バンドギャップE_gの小さい半導体材料は、半導体のバンドギャップE_gで決まる暗電流が大きくなり、X線及び光のセンサとして雑音が大きくなる。室温状態で使うためには、少なくとも1eV以上のバンドギャップE_gがないと、暗電流が

光検出器の効率や受光率から検討するとよい。

【0026】GdOS:Tb、CsI:Tlは、発光波長が緑色であり、且つ薄い蛍光体厚みで高い検出効率を得ることができ、光検出器の受光効率も高くできるため、最適である。尚、図1で示した、X線及び光の検出の両方を行う半導体材料も各種ある。

【0027】図4はX線が半導体材料に入射した場合の半導体中で一対の電子、正孔を生成するために必要なエネルギーεを示す説明図である。エネルギーεとバンドギャップE_gにおける経験的な関係式としては、

多くて最適なセンサが作成できない。

【0029】図5はX線を直接キャリアに変換する場合の変換の検出効率をタングステン (W) ターゲットのX線発生装置で加速電圧120KVpの条件における半導体の厚みに対して表した説明図である。Siは、元素番号が小さいため、1mmの厚さにおいても検出効率が低い。Ge、Se、GaAsは、ほぼ同じ検出効率を示

す。

【0030】しかし、Geは、バンドギャップが小さいため、検出器での暗電流が大きくなることが問題である。また、Seは、現在、通常アモルファスSeで使われるが、アモルファスSeは、式(2)から大きく外れており、エネルギーは50eV近く必要である。GaAsは、バンドギャップEgも1.5eV程度で、且つX線吸収も0.5mmの厚みでX線検出効率が40%近くあり、検出用半導体として有用である。

【0031】先に述べたGOSを200 μ m積層し、GaAsを0.5mmとし、式(1)を用いて計算すると、GOSで0.3、GaAsで0.7 \times 0.4=0.28、総合で0.58となる。58%の検出効率が達成できる。他の材料の組み合わせも勿論できる。PbI₂、HgI₂、CdTe、CdZnTeなどもX線吸収特性は優れ、且つバンドギャップも大きく性能では優れている。図4中の材料でSiCは、原子番号が小さいのでX線吸収特性はSiより小さくて検出効率が悪い。

【0032】X線検出器としての半導体層の厚さは、検出効率が20%程度以上の厚みにしなければ、実質的に意味がない。図5からいえば、Se、GaAsであれば、厚さは200 μ m以上はなければならない。検出効率が30%以上の厚みがより望ましい。その場合は、厚みは400 μ m以上となる。但し、入射X線のエネルギーに依存して図5の厚みと検出効率は異なる。低いX線エネルギーであると、X線透過率は低下する。X線エネルギーが高い場合は、透過率は良くなるので厚い半導体厚みとなる。

【0033】図6は図1に示した放射線撮像装置の概略等価回路を示す回路図である。121は半導体層の検出部、122はキャリアの蓄積用容量、123は蓄積用容量122のリセットを行うリセット用トランジスタ、124は蓄積された電荷を読み出す読み出し用トランジスタ

$$\Phi V R i + \Phi v i + 1 + \Phi T \leq 1 / (m \times n) \text{ (秒)} \quad \dots (3)$$

以上説明したように本発明の実施形態によれば、放射線を蛍光体40で吸収して光に変換し、その光を半導体層30で検出し、更に吸収できなかった放射線を半導体層30において吸収し、放射線を電荷に変換して、有効に放射線の検出を行うため、下記の効果を得ることができる。

【0039】蛍光体40と半導体層30の併用により、検出効率を高くすることができる。また、蛍光体40を空間的フィルタとして用いることにより、エイリアシングを除去することができる。

【0040】また、絶縁性基板1上に読み出し回路を作成し、蛍光体40、半導体層30の積層により、大型の放射線撮像装置を提供することができる。

【0041】また、上記積層構造により、TFT10やリセット用トランジスタ123等のトランジスタの設計自由度が増し、オン抵抗を低くできるため、高速動作

タである。また、150は読み出し配線のリセットトランジスタ、125は出力線、140は各出力線125に各々接続されている増幅器、120は読み出しパルス($\Phi v i$)・センサセルのリセットパルス($\Phi R i$)を供給する水平走査回路120、130は出力回路である。図6では、二次元的に行列を形成することで、面センサを形成している。

【0034】図7は図6の等価回路における動作タイミングを示す説明図である。 $\Phi V R$ は信号線リセットパルス、 $\Phi v i$ ($i=1, 2, 3, \dots$)は読み出しパルス、 $\Phi R i$ ($i=1, 2, 3, \dots$)はセンサセルリセットパルスである。例えば、 $\Phi R 1$ のパルスとパルスの繰り返し時間が、X線から生じるキャリアの蓄積時間となる。X線が連続してセンサに照射されている場合、1秒に30回の画像取り込み(30FPS)で1/30秒=33msecとなる。60画像で1/60秒=16.5msecである。

【0035】次に、本発明の実施形態の動作について図6～図7を参照して詳細に説明する。

【0036】図6及び図7に基づき動作を説明すると、 $\Phi R 1$ でセンサセルをリセットした後、蓄積時間となり、 $\Phi V R$ で信号線をリセットした後、 $\Phi V 1$ のパルスで出力線125に読み出し動作を行う。読み出しは、出力線125の浮遊容量に読み出しが行われた後、図6には図示していないが、転送パルス ΦT により、出力回路130中に転送される。出力回路130中では、その後、順次信号が出力される。 $\Phi R 2$ 、 $\Phi V R$ 、 $\Phi V 2$ 、 ΦT 、 $\Phi R 3 \dots$ と順次動作して、全ての2次元センサから読み出される。

【0037】 $\Phi V R i$ 、 $\Phi v i + 1$ 、 ΦT のオンのパルス時間は、1秒間のm画像数(mFPS)と画素数($n \times n$)で決まり、次の式で表される。

$$\text{【0038】} \quad \dots (3)$$

(30フレーム毎秒以上)が可能となる。

【0042】また、蛍光体40と半導体層30の間に透明電極を作製するか、或いは部分的に透明電極を構成することにより、光利用効率を向上させることができる。

【0043】また、光吸収側の高濃度不純物領域を吸収係数の1/5以下にすることにより、光利用効率を高くすることができる。

【0044】また、絶縁性基板1上の電荷蓄積容量20とTFT10を同じ層構成とすることにより、製作工程が簡単になり歩留まり向上を図ることができる。

【0045】また、蓄積された電荷をリセットすることにより、動画動作において残像を少なくすることができる。

【0046】また、半導体層30としてバンドギャップが1eV以上の半導体材料を使用することにより、暗電流を低減し、雑音が低く、S/N(信号/雑音)比が大

きい放射線撮像装置を得ることができる。

【0047】〔他の実施形態〕次に、本発明の各種の他の実施形態について説明する。

【0048】図8は図1に示した絶縁基板1上のTFT10、電荷蓄積容量20が同じ層で作製される場合の断面図であり、図1に示した絶縁基板1上のTFT10と蓄積容量20の他の実施形態を示したものである。TFT10と電荷蓄積容量20を同じ構造で作製している。作製プロセスが簡便になり、コスト、歩留まりなどに良い効果を得ることができる。17はTFT10と電荷蓄積容量20の保護膜である。

【0049】図9はpn接合で光受光部の一部電極をなくすセンサ構造を示す断面図であり、図1に示したX線検出側の蛍光体40と半導体層30の他の実施形態を示したものである。半導体層の蛍光体40側の電極37をアルミニウムなどの金属で作製した場合、蛍光体40からの入射光を有効に取り入れることができる。他の実施形態では、各セルの周辺にしか電極を配置してないが、一部入射光量が削られるが、光を入射する真中部分にも、ストライプ或いはメッシュで電極をいれてもよい。38、39は保護膜である。

【0050】図10は光の吸収特性の説明図である。横軸が光の波長、縦軸が吸収係数であり、Siの吸収係数を示している。例えば、GOS、CsI:Tlの蛍光体の発光波長は、緑色であると吸収係数がほぼ 6000 cm^{-1} であり、Si半導体中の侵入距離(λ)は $1.6\text{ }\mu\text{ m}$ 程度である。 $1.6\text{ }\mu\text{ m}$ の距離で63%の光吸収が行われるということである。しかしながら、図1或いは図9中の高不純物濃度領域35は光センサとしては不感帯となるので、薄く作製したほうがよく、侵入距離

(λ)、即ち、吸収係数の $1/5$ 程度以下がよい。半導体層中の空乏層或いは光を吸収して電荷に変換するに必要な厚みは、 3λ 以上あればよい。半導体層の厚みは、それ以上となる。

【0051】図11は放射線撮像装置(センサセル)の概略等価回路の例を示す回路図であり、半導体層のX線検出部121と蓄積容量の間にTFTを作製した他の実施形態である。尚、図6と同一構成には同一符号を付し説明を省略する。このTFTにより、検出部121の電界を一定に保つ機能を有する。検出部121の電界を一定にすることにより、センサのX線検出を安定して行わせる。

【0052】図12は図11に示した出力回路130の他の実施形態を示す回路図である。出力回路130は、サンプリング容量131、サンプリング容量131のリセットTFT132、シフトレジスタ160、シフトレジスタ160からのパルスを受けて順次読み出しを行うTFT133、バッファアンプ134、転送用TFT135により構成されている。

【0053】図13は放射線撮像装置の半導体層の他の

実施形態を示す断面図である。図13では、半導体層30がpn接合でなく、導電度変調方式となっている。半導体層30が高抵抗であれば、高い電圧を印加しても暗電流は小さく、X線による発生キャリア及び光から生成されたキャリアを検出できる。本例は、半導体のpn接合を作製する工程が簡単になる特徴を有する。例えば、 $1\text{ E}11\text{ }\Omega\text{ cm}$ 以上の抵抗率をもつアモルファスセレン(a-Se)や、 $1\text{ E}8\text{ }\Omega\text{ cm}$ 程度以上の半絶縁性の抵抗率をもつ半導体材料であるGaAs、InPにおいて実施できる。39は高抵抗半導体である。高抵抗半導体39の厚さは、X線が充分検出できる厚みが必要であり、少なくとも図5の検出効率が0.2以上は必要である。

【0054】図14はセンサセルの他の回路例を示す回路図であり、蓄積容量122からソースフォロアのアンプを介して読み出す他の実施形態である。トランジスタ127、128でソースフォロアを形成し、コンデンサ122の蓄積電荷を電荷増幅する。電荷増幅することにより、ノイズに対する信号を改善できる。135は転送用トランジスタである。C2は配線につく寄生容量である。

【0055】図15は出力回路の例を示す回路図である。2つの転送トランジスタ135、136と、電荷保持用容量CT1、CT2を有し、 Φ_n のパルスでノイズ(N)をCT1に蓄積し、X線のセンサセルに照射後、 Φ_s のパルスで信号+ノイズ(S+N)をCT2に蓄積し、差動アンプ139から、 $(S+N) - (N) = S$ の動作により、信号(S)を出力する。図中170は水平シフトレジスタ、180は垂直シフトレジスタである。

【0056】

【発明の効果】以上説明したように本発明によれば、放射線を波長変換手段(蛍光体)で吸収して光に変換し、その光を電荷変換手段で検出し、更に吸収できなかった放射線を電荷変換手段において吸収し、放射線を電荷に変換して、有効に放射線の検出を行うため、下記の効果を得ることができる。

【0057】波長変換手段(蛍光体)と電荷変換手段(半導体検出器)の併用により、検出効率を高くすることができる。

【0058】また、蛍光体を空間的フィルタとして用いることにより、エイリアシングを除去することができる。

【0059】また、ガラス基板上に読み出し回路を作成し、波長変換手段(蛍光体)、電荷変換手段(半導体検出器)の積層により、大型の放射線撮像装置を提供することができる。

【0060】また、上記積層構造により、読出手段やリセット手段を構成するトランジスタの設計自由度が増し、オン抵抗を低くできるため、高速動作(30フレーム毎秒以上)が可能となる。

【0061】また、波長変換手段（蛍光体）と電荷変換手段（半導体層）の間に透明電極を作製するか、或いは部分的に透明電極を構成することにより、光利用効率を向上させることができる。

【0062】また、光吸収側の高濃度不純物領域を吸収係数の1/5以下にすることにより、光利用効率を高くすることができる。

【0063】また、絶縁性基板上の電荷蓄積容量と読出手段（薄膜トランジスタ）を同じ層構成とすることにより、製作工程が簡単になり歩留まり向上を図ることができる。

【0064】また、電荷蓄積手段の電荷をリセットすることにより、動画動作において残像を少なくすることができる。

【0065】また、電荷変換手段としてバンドギャップが1 e V以上の半導体材料を使用することにより、暗電流を低減し、雑音が低く、S/N（信号/雑音）比が大きい放射線撮像装置を得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施形態の放射線撮像装置の概略構造を示す断面図である。

【図2】本発明の実施形態の透明導電膜をガラス基板上に堆積した状態での光の透過率のデータを示す説明図である。

【図3】本発明の実施形態のX線発生装置においてタングステンをターゲットにして電子の加速電圧を120KVにした条件での各種の蛍光体の厚さに対するX線検出効率の計算結果を示す説明図である。

【図4】本発明の実施形態のX線が半導体材料に入射した場合の半導体中で一対の電子、正孔を生成するために必要なエネルギーを示す説明図である。

【図5】本発明の実施形態のX線を直接キャリアに変換する場合の変換の検出効率をタングステンターゲットのX線発生装置で加速電圧120KVpの条件における半

導体の厚みに対して表した説明図である。

【図6】図1の概略等価回路を示す回路図である。

【図7】図6の動作タイミングを示す説明図である。

【図8】他の実施形態のTFT、容量が同じ層で作製される場合を示す断面図である。

【図9】他の実施形態のpn接合で光受光部品の一部電極をなくすセンサ構造を示す断面図である。

【図10】本発明の実施形態の光の吸収特性を示す説明図である。

【図11】他の実施形態のセンサセルの構成を示す回路図である。

【図12】他の実施形態の出力回路の詳細を示す回路図である。

【図13】他の実施形態の放射線撮像装置の概略構造を示す断面図である。

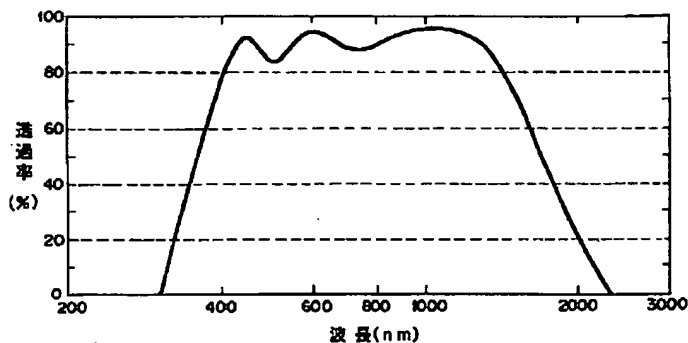
【図14】他の実施形態のセンサセルの構成を示す回路図である。

【図15】他の実施形態の出力回路の構成を示す回路図である。

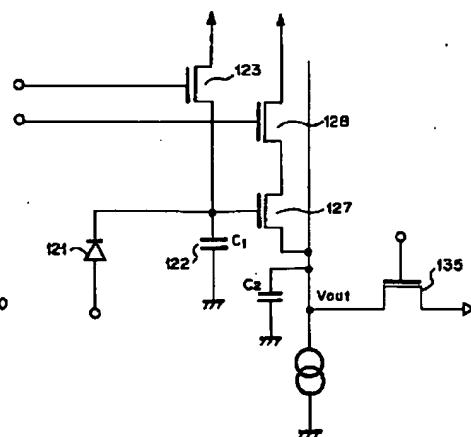
【符号の説明】

- 1 絶縁性基板
- 10 TFT
- 11 下部電極
- 12 誘電体膜
- 13 高抵抗半導体層
- 14 低抵抗半導体層
- 15 上部電極
- 16 取り出し電極層
- 20 電荷蓄積容量
- 30 半導体層
- 36 透明電極
- 40 蛍光体
- 125 出力線
- 123 リセット用トランジスタ

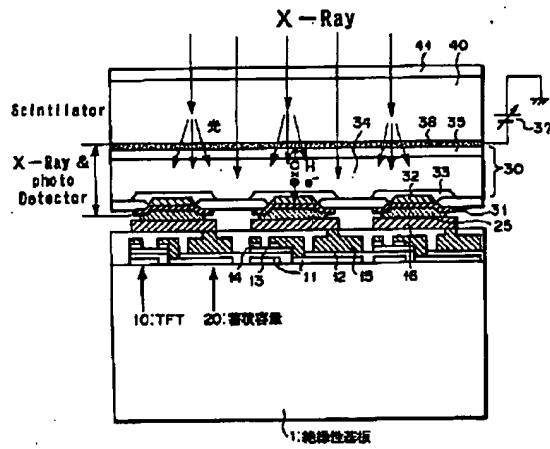
【図2】



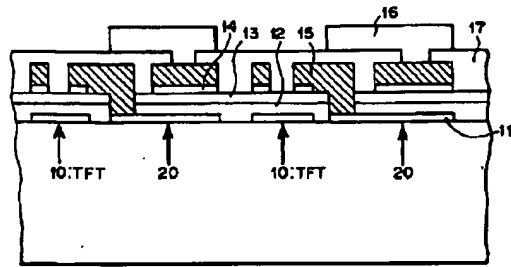
【図14】



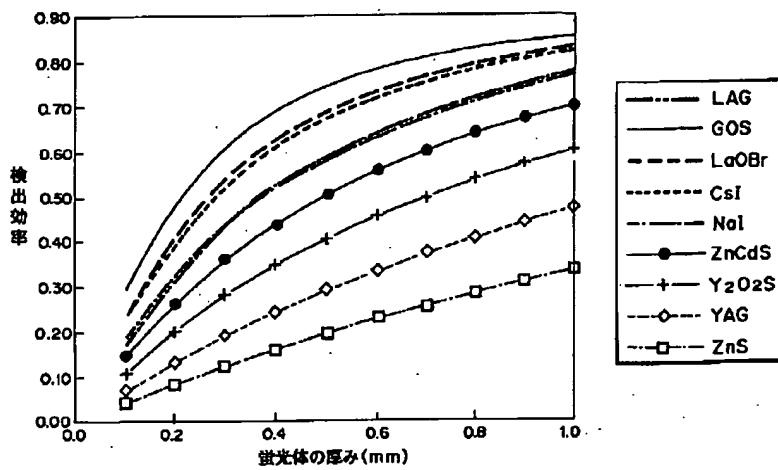
【図1】



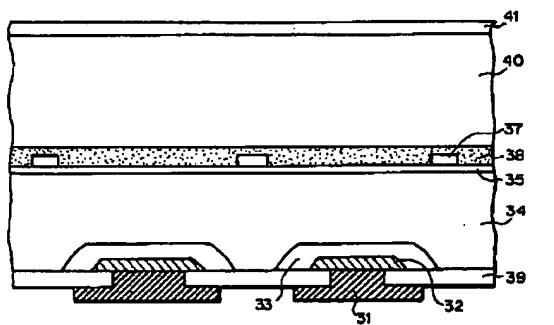
【図8】



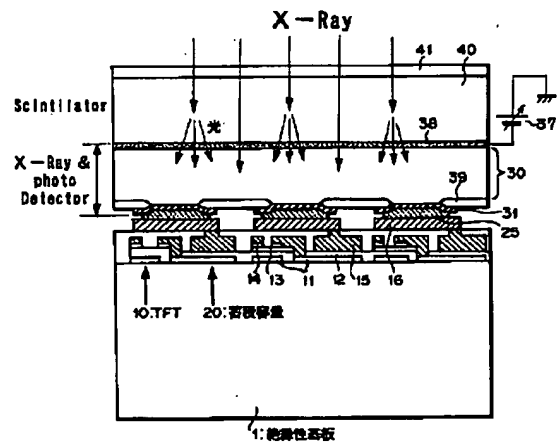
【図3】



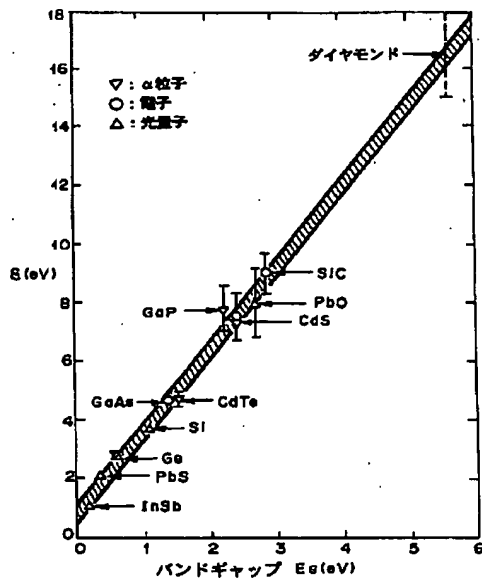
【図9】



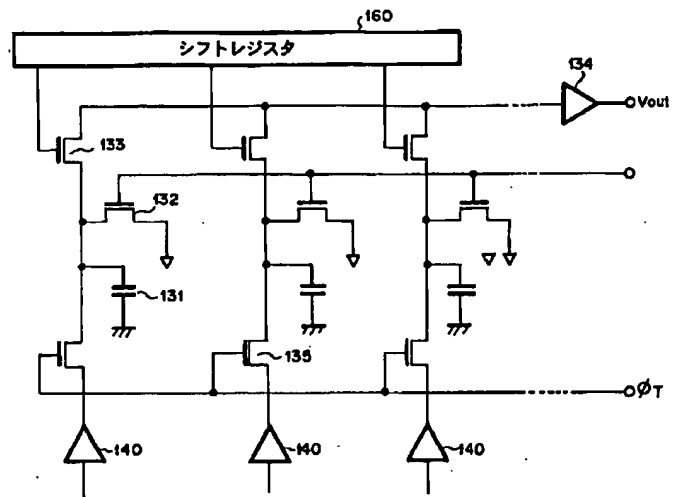
【図13】



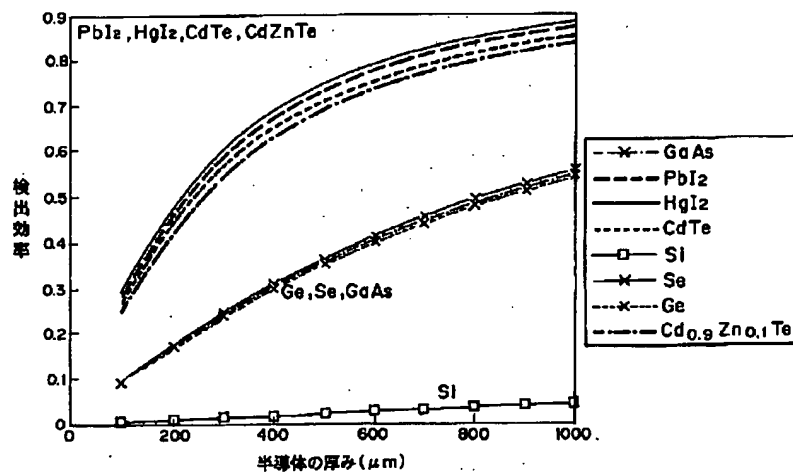
【図4】



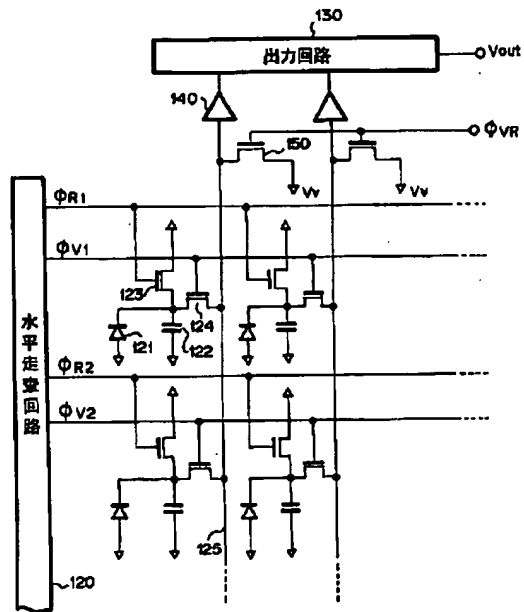
【図12】



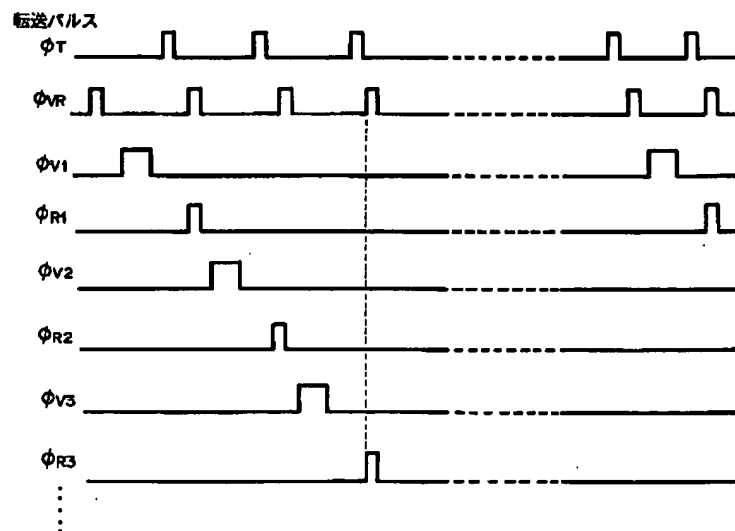
【図5】



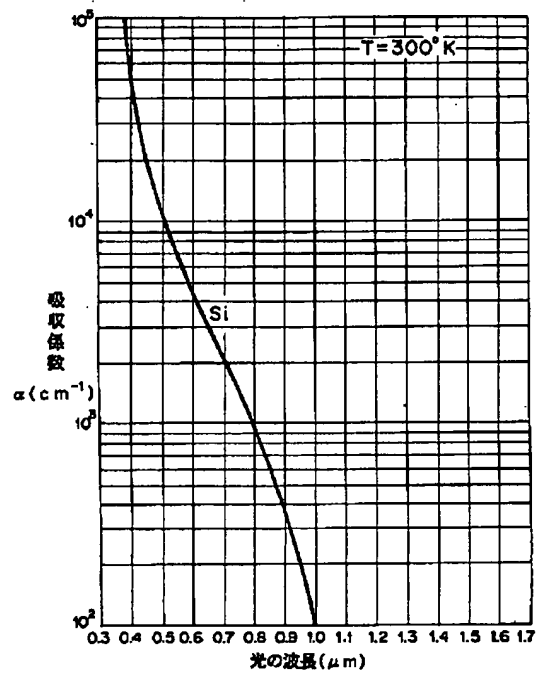
【図 6】



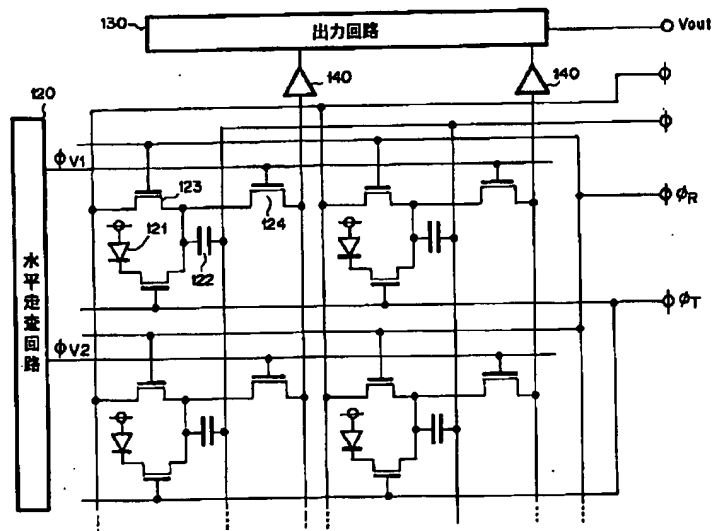
【図 7】



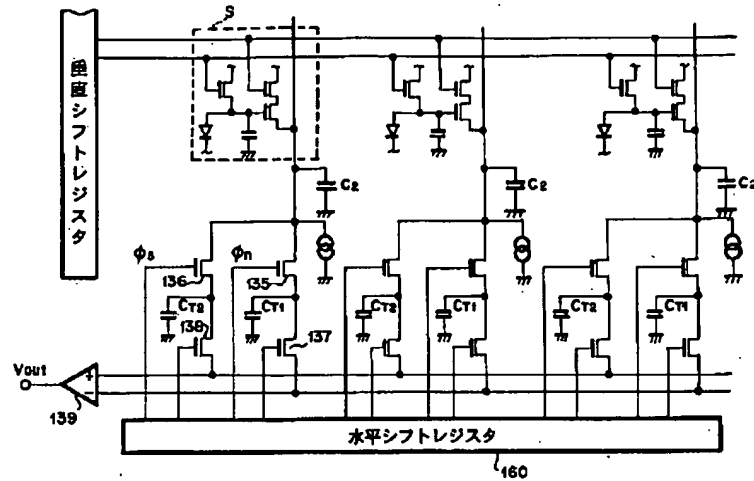
【図10】



【図11】



【図 15】



【手続補正書】

【提出日】平成13年12月11日（2001.12.11）

【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】特許請求の範囲

【補正方法】変更

【補正内容】

【特許請求の範囲】

【請求項1】 放射線を用いて撮像を行う放射線撮像装置において、

放射線を光に変換する波長変換手段と、放射線を電荷に変換すると共に前記波長変換手段からの光を電荷に変換する電荷変換手段と、該電荷変換手段で変換された前記電荷を蓄積する蓄積手段と、該蓄積手段に蓄積された電荷に基づく信号を読み出す読出手段と、該読出手段で読み出された電荷を出力する出力線とを具備してなり、前記電荷蓄積手段、前記読出手段、前記出力線を絶縁性基板の一面に形成し、

前記波長変換手段を、前記電荷変換手段に積層すると共に、

前記電荷変換手段と前記絶縁性基板上の電荷蓄積容量を、接続電極を介して電気的に接続したことを特徴とする放射線撮像装置。

【請求項2】 前記電荷蓄積手段の電荷をリセットする第一のリセット手段を具備することを特徴とする請求項1に記載の放射線撮像装置。

【請求項3】 前記波長変換手段、前記電荷変換手段、前記読出手段を有する複数の入力画素を、二次元マトリクス状に配置したことを特徴とする請求項1に記載の放

射線撮像装置。

【請求項4】 前記電荷変換手段を、pn構造で形成したことを特徴とする請求項1に記載の放射線撮像装置。

【請求項5】 前記二次元マトリクス状に配置された前記複数の入力画素から読み出された電荷を出力する前記出力線に信号増幅用の増幅器を接続したことを特徴とする請求項1～4のいずれかに記載の放射線撮像装置。

【請求項6】 前記電荷変換手段の前記pn構造を、半導体単結晶基板に形成したことを特徴とする請求項4に記載の放射線撮像装置。

【請求項7】 前記電荷変換手段が、少なくともバンドギャップ1eV以上のエネルギーバンドギャップを有することを特徴とする請求項1～6のいずれかに記載の放射線撮像装置。

【請求項8】 前記出力線をリセットするための出力線に接続された第二のリセット手段を具備することを特徴とする請求項1～7のいずれか1項に記載の放射線撮像装置。

【請求項9】 前記読出手段を、薄膜トランジスタから構成すると共に、該薄膜トランジスタを、非単結晶半導体から構成したことを特徴とする請求項1～8のいずれかに記載の放射線撮像装置。

【請求項10】 前記電荷蓄積手段、前記読出手段を、前記絶縁性基板上の一面に下部電極、誘電体膜、高抵抗半導体層、低抵抗半導体層、上部電極の同じ層構成で形成したことを特徴とする請求項1～9のいずれかに記載の放射線撮像装置。

【請求項11】 前記電荷変換手段を、半絶縁性半導体から構成したことを特徴とする請求項1～10のいずれ

かに記載の放射線撮像装置。

【請求項 1 2】 前記波長変換手段を、蛍光体から構成したことを特徴とする請求項 1 ～ 1 1 のいずれかに記載の放射線撮像装置。

【請求項 1 3】 前記電荷変換手段を構成する高濃度不純物領域を、吸収係数の少なくとも 1 / 5 以下としたこ

とを特徴とする請求項 1 ～ 1 1 のいずれかに記載の放射線撮像装置。

【請求項 1 4】 前記波長変換手段と前記電荷変換手段との間に、透明電極を形成したことを特徴とする請求項 1 ～ 1 3 のいずれかに記載の放射線撮像装置。

フロントページの続き

(51) Int. Cl. ⁷	識別記号	F I	ターマコード (参考)
H 0 1 L 31/09		H 0 1 L 27/14	C
H 0 4 N 5/32		31/00	A

F ターム (参考) 2G088 EE01 FF02 GG19 GG21 JJ05
JJ09 JJ31 JJ33 JJ37
4M118 AA01 AA05 AA10 AB01 BA05
CA03 CA32 CB01 CB02 CB03
CB05 CB06 CB11 CB14 DD09
DD12 FB09 FB13 FB16 FB17
GA10
5C024 AX11 AX16 CX32 CY47 GX09
GY31
5F088 AA02 BA01 BB03 BB07 EA04
EA08 EA11 EA16 FA02 HA15
JA09 LA07